

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, АГРОХИМИЯ, МЕЛИОРАЦИЯ / AGRICULTURE, AGROCHEMISTRY, LAND IMPROVEMENT

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.4.417-424>



УДК 633.34+631.559+658.562:631.8+631.821.1+631.81.095.337

Зависимость урожайности и качества зерна сои от макро- и микроудобрений на фоне последствий известкования

© 2020. Л. Н. Прокина ✉

ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», г. Киров, Российская Федерация

В статье представлены результаты исследований, выполненные в полевом стационарном опыте на черноземе выщелоченном. В посевах сои сорта Магева изучали эффективность совместного и раздельного применения различных доз минеральных удобрений и хелатной формы микроудобрения (ЖУСС-2) в вариантах с почвой ранее произвесткованной по 0,5 и 1,0 г. к. Анализ урожайности культуры показал, что на величину данного показателя существенное влияние оказали только минеральные удобрения, которые обеспечивали прибавки от 0,05 до 0,37 т/га по сравнению с вариантом без удобрений (0,89 т/га, НСР₀₅ 0,05 т/га). Увеличение уровня азотного питания с 45 до 60 кг д. в. на 1 га не способствовало достоверному росту продуктивности сои и снижало окупаемость 1 кг д. в. азота зерном с 7,11 до 5,44 кг. Содержание сырого протеина в зерне сои достоверно повышалось от последствий известкования почвы по 0,5 г. к. на 0,79 % (НСР₀₅ 0,33 %), применения препарата ЖУСС-2 – на 0,19 % (НСР₀₅ 0,16 %) и от минеральных удобрений – на 0,26-4,02 % (НСР₀₅ 0,22 %). При внесении полного минерального удобрения концентрация сырого жира снижалась на 0,53-0,62 абс. %. С учетом неблагоприятных погодных условий под посевы сои на черноземе выщелоченном можно рекомендовать внесение минеральных удобрений в дозах N30P50K80 и N45P50K80 с обработкой посевов препаратом ЖУСС-2.

Ключевые слова: зернобобовая культура, продуктивность, внесение извести, минеральные удобрения, препарат ЖУСС-2, сырой протеин, сырой жир

Благодарности: Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого» (тема № 0528-2019-0100).

Автор благодарит рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Конфликт интересов: автор заявил об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Прокина Л. Н. Зависимость урожайности и качества зерна сои от макро- и микроудобрений на фоне известкования. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020;21(4):417-424. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.4.417-424>

Поступила: 22.05.2020

Принята к публикации: 21.07.2020

Опубликована онлайн: 24.08.2020

Dependence of yield and quality of soybean grain on macro and micro fertilizers against the background of liming aftereffect

© 2020. Lyudmila N. Prokina ✉

Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Kirov, Russian Federation

The article presents the results of research performed in a field stationary experiment on leached chernozem. In soy sowings of the Mageva variety, studied was the effectiveness of joint and separate application of various doses of mineral fertilizers and chelated form of microfertilizers (ZhUSS-2) in variants with soil previously limed in 0.5 and 1.0 h.a. The analysis of crop yield showed that the value of this indicator was significantly influenced only by mineral fertilizers, which provided an increase from 0.05 to 0.37 t/ha. as compared to the variant without fertilizers (0.89 t/ha, LSD₀₅ 0.05 t/ha). An increase in the level of nitrogen nutrition from 45 to 60 kg a. i. / ha did not contribute to a significant increase in soybean productivity and reduced the payback of 1 kg of a. i. nitrogen by grain from 7.11 to 5.44 kg. The content of crude protein in soybean grain significantly increased as the result of the aftereffect of liming of the soil in 0.5 h.a. by 0.79 % (LSD₀₅ 0.33 %), of ZhUSS-2 preparation use – by 0.19 % (LSD₀₅ 0.16 %) and of mineral fertilizers use – by 0.26-4.02 % (LSD₀₅ 0.22%). When full mineral fertilizer was applied, the concentration of crude fat decreased by 0.53-0.62 abs. %. Considering unfavorable weather conditions for sowing soybean crops on leached chernozem it is possible to recommend the application of mineral fertilizers in doses of N30P50K80 and N45P50K80 together with treatment of crops with ZhUSS-2 preparation.

Keywords: leguminous crops, productivity, lime application, mineral fertilizers, Zhuss-2 preparation, crude protein, crude fat

Acknowledgement: the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky (theme No. 0528-2019-0100).

The author thanks the reviewers for their contribution to the expert evaluation of this work.

Conflict of interest: the author declare no conflict of interest.

For citation: Prokina L. N. Dependence of yield and quality of soybean grain on macro and micro fertilizers against the background of liming aftereffect. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2020;21(4):417-424. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.4.417-424>

Received: 22.05.2020

Accepted for publication: 21.07.2020

Published online: 24.08.2020

Соя – ценная белково-масличная культура многогранного использования. Зерно ее широко используется в пищевой, фармацевтической, текстильной промышленности, а также применяется для приготовления сбалансированных кормов для всех видов животных и птицы. Сегодня объемы ее возделывания растут повсеместно, в том числе и в Республике Мордовия (от 0,3 тыс. га в 2010 г. до 366,7 тыс. га в 2019 г.).

Соя, как бобовая культура, в симбиозе с клубеньковыми бактериями рода *Rhizobium* способна фиксировать азот атмосферы, что способствует меньшему потреблению минерального азота для формирования урожая. Мнения исследователей по поводу эффективности применения минеральных удобрений, особенно азотных, под сою очень противоречивы. Одни исследователи [1] вообще не рекомендуют вносить азотные удобрения под посевы сои, в работах других [2] не установлено стабильной реакции сои на азотные удобрения, но отмечено увеличение продуктивности культуры от их применения при засушливой погоде. Обеспечение посевов сои необходимым количеством питательных веществ, включающим обильный, но не чрезмерный уровень каждого элемента, также помогает растениям переносить недостаток влаги и способствует получению хороших урожаев [3, 4].

Одним из эффективных способов повышения урожайности сои считают некорневые подкормки, для которых используют растворимые в воде азотные и фосфорные удобрения: мочевину и полифосфат. Некорневые подкормки азотом в смеси с другими элементами питания не угнетают бобоворизобиальный симбиоз и не снижают количество фиксированного азота воздуха [5]. В условиях Чувашской Республики использование хелатных форм микроудобрений марки ЖУСС-2 как для обработки семян, так и для некорневых подкормок обеспечивало получение существенных прибавок урожая сои до 0,5 т/га [6]. Инокуляция растений высокоэффективными штаммами клубеньковых бактерий повышает продуктивность бобовых на 10-25 %, а в новых районах возделывания, где, как правило, отсутствуют спонтанные популяции ризобий,

прибавки могут быть 50-100 % [7]. На темно-серой лесной среднесуглинистой почве Орловской области обработка семян сои препаратом нитрагин на основе штамма 634 более рентабельна, чем внесение минеральных азотных удобрений (416,7 и 311,9 % соответственно) [8], но установлено положительное влияние на увеличение содержания сырого протеина в зерне сои при совместном использовании инокуляции и стартовой дозы минерального азота N30 у сортов Магева и Ланцетная до 38,8-41,1 % [9]. На черноземе типичном среднемощном Белгородской области инокуляция семян соевым нитрагином КМ увеличивала урожайность в среднем на 2,3 ц/га, или 9,1 % (урожайность была в пределах 24,3-30,7 ц/га), тогда как подкормка аммиачной селитрой (2 ц/га) всего на 1,9 % [10]. В этом же регионе раннеспелый сорт сои Ланцетная при широкорядном посеве (30 см) и норме высева 900 тыс. шт/га с внесением минеральных удобрений в дозе N20P20K20 и проведением инокуляции семян обеспечивал наибольшую урожайность зерна (2,60 т/га) [11].

В Республике Узбекистан наибольшая продуктивность сои наблюдалась при использовании инокуляции и азотных удобрений в дозе 60 кг/га на фоне P90 [12]. В условиях юго-запада Центрально-Черноземного региона на черноземе типичном тяжелосуглинистом внесение N30P30K30 повышало урожайность сои на 0,13 т/га по сравнению с вариантом без удобрений (2,49 т/га) [13].

Данные об особенностях минерального питания сои в условиях Мордовии имеются [14, 15], но исследований о влиянии макро- и микроудобрений на фоне известкования на продуктивность и качество зерна сои не проводилось, что и послужило необходимостью изучения данного вопроса на черноземах выщелоченных.

Цель исследований – изучить влияние макро- и микроудобрений на фоне последствий известкования на продуктивность и качество зерна сои на черноземе выщелоченном.

Материал и методы. Исследования проводили на опытном поле Мордовского НИИ сельского хозяйства – филиала ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока имени Н. В. Рудниц-

кого в 2010-2011 гг. в соответствии с планом НИР учреждения на базе стационарного полевого опыта, заложенного в 1972-1973 гг. последовательно в двух полях по методике Б. А. Доспехова¹.

В опыте изучали действие известкования: 1 – без известкования с 1972 г. (контроль); 2 – внесение CaCO_3 по 0.5 гидролитической кислотности (г. к.); 3 – внесение CaCO_3 по 1.0 г. к. На делянках второго порядка оценивали влияние микроудобрений (ЖУСС-2): 1 – без микроудобрений; 2 – $\text{Mo} + \text{Cu}$ в форме жидкого удобрительно-стимулирующего состава (ЖУСС-2). В блоке третьего порядка опыта рассматривали действие различных уровней минерального питания: 1 – без удобрений с 1972 г. (контроль); 2 – P50K80 – фон; 3 – фон + N30 ; 4 – фон + N45 ; 5 – фон + N60 .

Общая площадь делянок первого порядка – $4\,252,5\text{ м}^2$ ($21 \times 202,5\text{ м}$), второго – $2\,126\text{ м}^2$ ($21 \times 101,2\text{ м}$), третьего – $157,5\text{ м}^2$ ($21 \times 7,5\text{ м}$), посевной 75 м^2 ($7,5 \times 10$), учетной 50 м^2 ($5 \times 10\text{ м}$). Повторность в опыте трехкратная, расположение вариантов – рендомизированное, наложение факторов методом расщепленных делянок.

Почва опытного участка – чернозем выщелоченный тяжелосуглинистый со следующей агрохимической характеристикой пахотного слоя: гумус (по Тюрину) – 8,2-8,7 %; общий азот (по Кьельдалю) – 0,48-0,50 %; содержание подвижного фосфора и калия (по Кирсанову) 210 ± 50 мг/кг почвы и 113 ± 14 мг/кг соответственно; $\text{pH}_{\text{кел}}$ – 4,8-5,2; гидролитическая кислотность (по Каппену) – 7,7-9,9 мг-экв/100 г почвы, сумма поглощенных оснований (по Каппену-Гильковицу) – 29,8-31,4 мг-экв/100 г почвы, степень насыщенности почвы основаниями – 75-79 %.

Последнее известкование проводили осенью 1999-2000 гг. известняковой мукой ГУП Атемарского завода стройматериалов. Минеральные удобрения в форме аммиачной селитры, двойного суперфосфата и хлористого калия вносили вручную под основную обработку почвы в соответствии со схемой опыта. Микроудобрения хелатного типа (ЖУСС-2 –

2,5 л/га) применяли путем опрыскивания посевов в фазу начало цветения сои. Препарат разработан учеными Казанской ГСХА и запатентован в РФ, рег. № 19-8002 (9333)-0309-1 [16].

При возделывании сои применялись приемы агротехники, разработанные для условий Мордовии [17], кроме изучаемых факторов. Предшественник сои – яровая пшеница, после уборки которой проводили лущение стерни поперек рядков на глубину 6-8 см агрегатом МТЗ-82 + БДН-3. Вспашку проводили плугом ПН-4-35 с предплужниками в агрегате с трактором ДТ-5М на глубину 23-25 см в августе – сентябре. Весной проводили боронование зяби агрегатом ДТ-75М + С-11 + 3БЗТ-1.0, две культивации на 8-10 и 6-8 см агрегатом ДТ 75М + КПС-4 с одновременным шлейфованием. Под предпосевную культивацию вносили почвенный гербицид – пивот в количестве 1 л/га агрегатом МТЗ-82 + ОП-2000. Расход рабочей жидкости составлял 260-300 л/га. Посев сои проводили агрегатом МТЗ-82 + СО-4.2 при наборе суммы активных температур более $200\text{ }^{\circ}\text{C}$, норма высева 550 тыс. всхожих семян на 1 га. Способ посева сои широкорядный с междурядьями 70 см. В опыте высевали сорт сои Магева. Учет урожая проводили методом поделночного обмолота комбайном СК-5 «Нива» с последующим взвешиванием зерновой массы и приведением ее к 14 % влажности и 100 % чистоте.

В течение вегетации проводили две междурядные обработки: первая – в фазу выхода первого тройчатого листа односторонними бритвами на глубину 5-6 см, вторая – в фазу начала ветвления односторонними бритвами плюс стрелчатые лапы на глубину 6-8 см агрегатом МТЗ-82 + КРН-5.6.

Лабораторные исследования, наблюдения и анализы проводили в соответствии с принятыми методиками^{2, 3}. Статистическая обработка данных выполнена методом дисперсионного анализа⁴. Химический состав зерна сои определяли на компьютерно-аналитической системе NIR SCANNER – 4250.

¹Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Колос, 1979. 416 с.

²Панников В. Д. Методические указания по проведению исследований в длительных опытах с удобрениями. Ч. 2. Программа и методы исследования почв. М.: ВИУА, 1983. 172 с.

³Минеев В. Г. Методические указания по проведению исследований в длительных опытах с удобрениями. Ч. 3. Анализ растений. М.: ВИУА, 1985. 131 с.

⁴Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Колос, 1979. 416 с.

Результаты и их обсуждение. Вегетационный период сои в 2010 году проходил в условиях сильной атмосферной и почвенной засухи. За период вегетации культуры выпало 63 мм осадков, сумма эффективных температур (выше 10 °С) составила 2694 °С. Гидротермический коэффициент за период вегетации культуры составил 0,35. Особенно остро засушливым был период критического роста растений сои (цветение-налив зерна), когда среднедекадная температура воздуха была выше нормы от 5 до 10 °С, практически отсутствовала продуктивная влага в слое 0-50 см (до 50 мм), что отрицательно сказалось на продуктивности культуры и эффективности изучаемых факторов. Вегетационный период 2011 г. был более благоприятным, чем предыдущий. Гидротермический коэффициент за период вегетации культуры составил 0,96. За период вегетации культуры выпало 193 мм осадков (климатическая норма 193 мм), но

следует отметить неравномерность их выпадения – за июль (период цветения-налив зерна), количество выпавших осадков составило 30 мм, или 43 % от нормы, ГТК – 0,46, что негативно отразилось на урожае культуры. Сумма эффективных температур (выше 10 °С) составила 2 204 °С (климатическая норма 1 904 °С) и практически на протяжении всего вегетационного периода культуры превышала среднее многолетнюю норму. Сложные погодные условия вегетации снизили эффективность изучаемых факторов.

В результате исследований установлено, что известкование почвы на 11-й год после внесения по полной и половинной гидролитической кислотности не оказало достоверного влияния на урожай сои (табл. 1). Применение хелатной формы микроэлементов (ЖУСС-2) также имело лишь тенденцию на увеличение продуктивности бобовой культуры.

Таблица 1 – Урожайность сои сорта Магева в зависимости от последствий известкования, препарата ЖУСС-2 и минеральных удобрений (в среднем за 2010-2011 гг.), т/га /

Table 1 – The yield of Mageva soy variety depending on the aftereffect of liming, ZhUSS-2 preparation and mineral fertilizers (on average for 2010-2011), t/ha

Вариант / Variant		Без известко- вания (фактор А) - контроль / Without liming (factor А) - control	Известкование (фактор А) / Liming (factor А)		Среднее по фактору / Average over the factor	
микроудобрения (фактор В) / microfertilizers (factor В)	макроудобрения (фактор С) / macrofertilizers (factor С)		по 0,5 г. к. / 0.5 h. a.	по 1.0 г. к. / 1.0 h. a.	С	В
Без микро- удобрений / Without micronutrients	1. Без удобрений (контроль) / Without fertilizers (control)	0,87	0,92	0,87	0,89	1,09
	2. Р50К80 - фон	0,90	0,99	0,89	0,94	
	3. Фон + N30	1,17	1,19	1,18	1,18	
	4. Фон + N45	1,23	1,25	1,22	1,26	
	5. Фон + N60	1,24	1,27	1,20	1,26	
ЖУСС-2 / ZhUSS-2	1. Без удобрений (контроль) / Without fertilizers (control)	0,88	0,92	0,87	-	1,12
	2. Р50К80 - фон	0,93	0,98	0,94	-	
	3. Фон + N30	1,22	1,23	1,11	-	
	4. Фон + N45	1,30	1,27	1,28	-	
	5. Фон + N60	1,28	1,30	1,30	-	
Среднее по фактору А / Average over factor А		1,10	1,13	1,09	-	

HCP₀₅ ч.р. 1 / LSD₀₅ ch.r.1 0.37; HCP₀₅ ч.р. 2 / LSD₀₅ ch.r.2 0.44; HCP₀₅ ч.р. 3 / LSD₀₅ ch.r.3 0.12; HCP₀₅(A) / LSD₀₅(A) 0.12; HCP₀₅(B) / LSD₀₅(B) 0.11; HCP₀₅(C) / LSD₀₅(C) 0.05

Внесение под посевы сои P50K80 способствовало росту сбора зерна на 0,05 т/га, а добавление азота (N30-60) в составе полного минерального удобрения повышало урожайность на 0,29-0,37 т/га. Увеличение уровня азотного питания с 45 до 60 кг д. в. на 1 га

не способствовало достоверному росту продуктивности сои (прибавка 0,37 т/га в обоих вариантах). Более эффективным действие удобрений было в вариантах с обработкой посевов сои препаратом ЖУСС-2, где разница составила от 0,02 до 0,04 т/га.

Оценивая эффективность применения удобрений, установлено, что агрохимическая окупаемость фосфорно-калийных удобрений наибольшей была на фоне известкования по 0,5 г. к. без обработки ЖУСС-2 и на фоне

известкования по 1,0 г. к. с обработкой препаратом (по 0,54 кг зерна сои на 1 кг д. в. удобрений). В вариантах с обработкой микроэлементами окупаемость 1 кг д. в. данного удобрения зерном была больше на 0,15 кг (табл. 2).

Таблица 2 – Окупаемость минеральных удобрений урожаем зерна сои сорта Магева в зависимости от изучаемых факторов /

Table 2 – Payback of mineral fertilizers by the yield of Mageva soybean grain depending on the studied factors

Удобрение / Fertilizers	Урожайность в контроле и прибавка, ц/га / Yield under control and increase in c/ha				Окупаемость 1 кг д. в. удобрений в кг зерна / Payback of 1 kg a. i. of fertilizers in 1kg of grain			
	без микро- удобрений / without micronutrients	ЖУСС-2/ ZhUSS-2	без микро- удобрений / without micronutrients	ЖУСС-2/ ZhUSS-2	без микро- удобрений / without micronutrients	ЖУСС-2/ ZhUSS-2	без микро- удобрений / without micronutrients	ЖУСС-2/ ZhUSS-2
Без известкования (контроль) / Without liming (control)								
1. Без удобрений (контроль) / Without fertilizers (control)	8,7	8,7	8,8	8,8	-	-	-	-
2. P50K80 - фон	0,3	-	0,5	-	0,23	-	0,38	-
3. Фон + N30	-	2,7	-	2,9	-	9,00	-	9,67
4. Фон + N45	-	3,3	-	3,7	-	7,33	-	8,22
5. Фон + N60	-	3,4	-	3,5	-	5,67	-	5,83
Известкование по 0,5 г. к. / Liming 0.5 h. a.								
1. Без удобрений (контроль) / Without fertilizers (control)	9,2	9,2	9,2	9,2	-	-	-	-
2. P50K80 - фон	0,7	-	0,6	-	0,54	-	0,46	-
3. Фон + N30	-	2,0	-	2,5	-	6,67	-	8,33
4. Фон + N45	-	2,6	-	2,9	-	5,78	-	6,44
5. Фон + N60	-	2,8	-	3,2	-	4,67	-	5,33
Известкование по 1,0 г. к. / Liming 1.0 h. a.								
1. Без удобрений (контроль) / Without fertilizers (control)	8,7	8,7	8,7	8,7	-	-	-	-
2. P50K80 - фон	0,2	-	0,7	-	0,15	-	0,54	-
3. Фон + N30	-	2,9	-	1,7	-	9,67	-	5,67
4. Фон + N45	-	3,3	-	3,4	-	7,33	-	7,56
5. Фон + N60	-	3,1	-	3,6	-	5,17	-	6,00

При внесении по фосфорно-калийному фону дозы азота 30 кг д. в. на 1 га получено 8,17 кг зерна сои на 1 кг д. в. азота, с увеличением дозы до 45 и 60 кг окупаемость азота снижалась до 7,11 и 5,44 кг зерна соответственно. Максимальная окупаемость 1 кг д. в. азотного удобрения (9,67 кг зерном) получена при внесении N30 в составе полного минерального удобрения на фоне без известкования с некорневой обработкой посевов и на фоне известкования по 1,0 г.к. без применения препарата. В вариантах с использованием хелатной формы микроэлементов окупаемость 1 кг д. в. азотного удобрения выше на 0,2 кг зерна. В вариантах на фоне известкования по 1,0 г. к. на 1 кг д. в. азота получено 6,9 кг зерна, что больше на 0,7 кг, чем

на фоне известкования по 0,5 г. к., но меньше, чем на фоне без известкования.

Среди зерновых бобовых культур зерно сои выделяется, прежде всего, высоким содержанием белка и жира, что очень важно как для организма человека, так и животных. Зерно сои с наименьшим содержанием сырого протеина (в среднем 34,37 %) получено в варианте без удобрений (табл. 3). Минеральные удобрения по сравнению с контролем существенно повышали содержание белка в семенах сои: на фоне без известкования – на 1,77 %, на произвесткованном по 0,5 и 1,0 г.к. – на 2,47 и 1,82 %, непосредственно от азотных удобрений белковость зерна возрастала на 0,84-4,00 %, 1,48-3,24 и 1,15-4,03 % соответственно.

Таблица 3 – Качество зерна сои сорта Магева в зависимости от последействия известкования, препарата ЖУСС-2 и минеральных удобрений (в среднем за 2010-2011 гг.)

Table 3 – The quality of soybean grain of the Mageva variety depending on the aftereffect of liming, ZhUSS-2 preparation and mineral fertilizers (on average for 2010-2011)

Удобрение (фактор C) / Fertilizers (factor C)	Без известкования (фактор A) / Without liming (factor A)		Известкование (фактор A) / Liming (Factor A)			
			по 0,5 г. к. / 0.5 h. a.		по 1,0 г. к. / 1.0 h. a.	
	без микро- удобрений (фактор B) / without micronu- trients (factor B)	ЖУСС-2 (фактор B) / ZhUSS-2 (factor B)	без микро- удобрений (фактор B) / without micronu- trients (factor B)	ЖУСС-2 (фактор B) / ZhUSS-2 (factor B)	без микро- удобрений (фактор B) / without micronu- trients (factor B)	ЖУСС-2 (фактор B) / ZhUSS-2 (factor B)

Содержание протеина, % / Protein content, %

1. Без удобрений (контроль) / Without fertilizers (control)	34,33	34,28	34,45	34,60	34,18	34,38
2. P50K80 - фон	34,44	34,36	35,05	35,42	34,10	34,44
3. Фон + N30	35,11	35,36	36,58	36,86	35,32	35,52
4. Фон + N45	36,13	36,37	37,50	37,56	36,18	36,64
5. Фон + N60	38,32	38,49	38,43	38,54	38,27	38,32

HCP₀₅ ч.п.1 / LSD₀₅ ch.r.1 1,06; HCP₀₅ ч.п. 2 / LSD₀₅ ch.r.2 0,60; HCP₀₅ ч.п. 3 / LSD₀₅ ch.r. 3 0,54;
HCP₀₅ (A) / LSD₀₅ (A) 0,34; HCP₀₅ (B) / LSD₀₅ (B) 0,16; HCP₀₅ (C) / LSD₀₅ (C) 0,22

Содержание жира, % / Fat content, %

1. Без удобрений (контроль) / Without fertilizers (control)	19,54	19,52	19,45	19,50	19,50	19,52
2. P50K80 - фон	19,52	19,60	19,34	19,38	19,52	19,42
3. Фон + N30	18,94	18,98	18,89	19,00	18,96	19,03
4. Фон + N45	18,94	19,02	18,74	18,96	18,68	18,94
5. Фон + N60	18,92	19,00	18,78	18,98	18,72	18,92

HCP₀₅ ч.п.1/ LSD₀₅ ch.r.1 1,28; HCP₀₅ ч.п.2/ LSD₀₅ ch.r.2 0,80; HCP₀₅ ч.п.3/ LSD₀₅ ch.r.3 0,43;
HCP₀₅ (A)/ LSD₀₅ (A) 0,40; HCP₀₅(B)/ LSD₀₅ (B) 0,21; HCP₀₅(C)/ LSD₀₅(C) 0,18

В среднем по опыту известкование почвы по половинной гидролитической кислотности достоверно повышало концентрацию сырого протеина в зерне сои (прибавка 0,79 % к фону; без известкования 35,71 %). Обработка посевов сои микроэлементами способствовала росту количества протеина в зерне на 0,19 % (без обработки препаратом 35,89 %). При внесении полного минерального удобрения отмечено повышение белковости зерна на 1,16-3,76 % при одновременном снижении содержания в нем сырого жира на 0,53-0,62 % (по сравнению с контрольным вариантом 34,37 и 19,50 % соответственно). Концентрация сырого жира не претерпела существенных изменений на фоне известкования и внекорневой обработки посевов культуры микроэлементами.

Сбор белка с 1 га соевого поля составил от 303,8 кг (контроль) до 485,7 кг в варианте фон + N60, жира от 173,3 до 238,9 кг/га соответственно. В вариантах с использованием ЖУСС-2 было собрано больше: протеина на фоне без известкования на 15,9 кг/га, произведенном по 0,5 и 1,0 г. к. на 8,2 и 13,1 кг/га; жира соответственно на – 8,2, 12,7 и 6,5 кг/га. Если увеличение сбора протеина происходило за счет повышения его содержания в зерне и роста урожайности, то жира только благодаря повышению урожая бобов сои.

Заключение. Известкование чернозема выщелоченного не оказало влияния на величину урожайности сои, но существенно повлияло на качество зерна, повысив содержание сырого протеина на 0,79 абс. %. Внесение минеральных удобрений сопровождалось увеличением

урожайности и белковости зерна сои на 0,05-0,37 т/га и 0,26-4,02 абс. % соответственно и снижением количества сырого жира на 0,04-0,62 абс. %. В вариантах с обработкой посевов сои препаратом ЖУСС-2 содержание сырого протеина было больше на 0,19 абс. %, а сбор белка и жира на 12,4 и 9,1 кг/га. Таким

образом, под посевы сои сорта Магева (с учетом неблагоприятных погодных условий) на черноземе выщелоченном можно рекомендовать внесение минеральных удобрений в дозах N30P50K80 и N45P50K80 с обработкой посевов препаратом ЖУСС-2, что способствует получению качественного зерна культуры.

Список литературы

1. Дозоров А. В., Гаранин М. Н. Влияние активизации симбиотической деятельности на формирование урожайности зернобобовых культур. Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2012 4(20): 4-9. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20682064>
2. Бейч А. В. Перспектива производства сои в Западной Сибири. Земледелие. 2003;(3):24. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=18257182>
3. Helson W. L. Soybean production summing up/World Soybean Research 1976; P. 999-1008.
4. Whitney D. A. Fertility Neels/ Soydean Yfdbook. 1976;(449):9-10.
5. Посыпанов Г. С., Рухадзе В. Н. Формирование и активность симбиотического аппарата сои при использовании азотных, фосфорных удобрений и некорневых подкормок ЖКУ в условиях Восточной Грузии. Известия ТСХА, 1987. Вып. 2. С. 44-49. Режим доступа: http://library.timacad.ru/files/izvestija_tsha/fulltext/1987-1/index.html#/50/
6. Казанцев В. П., Кузнецов А. И. Влияние некорневого внесения микроудобрений марки ЖУСС на формирование клубеньков и урожайность сои. Вестник Казанского ГАУ, 2010; 3(17): 113-115. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=15198234>
7. Васильчиков А. Г., Акулов А. С. Повышение продуктивности сои путем усиленной симбиотической азотфиксации. Земледелие. 2016;(4):14-16. Режим доступа: <https://elibrary.ru/contents.asp?id=34235609>
8. Гурьев Г. П., Васильчиков А. Г., Наумкин В. В. Сравнительное изучение симбиотической азотфиксации у гороха и сои. Земледелие. 2016;(5):17-19. Режим доступа: <https://elibrary.ru/contents.asp?id=34254457>
9. Головина Е. В., Зотикова В. И., Зайцев В. Н., Кирсанова Е. В. Накопление сырого протеина и сырого жира растениями сортов сои северного экотипа. Зернобобовые и крупяные культуры. 2016;(3 (19)):62-69. Режим доступа: <https://journal.vniizbk.ru/ru/backup/31--q-q-3-2016.html>
10. Оразова И. В., Муравьев А. А. Показатели продуктивности сортов сои в зависимости от инокуляции семян и азотного удобрения. Достижения науки и техники АПК. 2018;32(4):34-37. Режим доступа: <http://agroapk.ru/2018-g/126-archive/04-2018/2501-04-2018>
11. Котлярова О. Г., Лактионов П. А. Влияние способов посева, норм высева и минеральных удобрений на кормовую продуктивность сои. Кормопроизводство. 2010;(1):20-23. Режим доступа: <https://elibrary.ru/contents.asp?id=33387785>
12. Ерматова Д., Рахимова Х. М., Ибрагимова С. У. Рост и развитие сои при совместном внесении азотных удобрений с инокуляцией. Молодой ученый. 2018;(17 (203)):148-149. Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/203/>
13. Turyanskiy A. V., Grigorov O. V., Kulkov S. S. Conditions for Soybean Productivity Formation Depending on the Elements of Organic Farming Systems/ Dostizheniya nauki i tekhniki APK 2017;(10(31)):57-61. Режим доступа: <http://agroapk.ru/year-2017/114-archive/10-2017/2246-10-2017>
14. Смолин Н. В. Влияние средств химизации и соломы на баланс гумуса в зерновом севообороте на черноземе выщелоченном. Агрохимия. 1998;(1):21-27. Режим доступа: <https://elibrary.ru/contents.asp?id=33827351>
15. Прокина Л. Н., Моисеев А. А. Продуктивность сои в условиях юга Нечерноземной зоны. Зерновое хозяйство России. 2011;(2 (14)):23-26. Режим доступа: <https://elibrary.ru/contents.asp?id=33666167>
16. Гайсин И. А., Хисамеева Ф. А. Полифункциональные хелатные микроудобрения. Казань: Изд. дом «Меддок», 2007. 230 с. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=19511332>
17. Адаптивные технологии возделывания сельскохозяйственных культур в условиях Республики Мордовии: методическое руководство. Под ред. А. М. Гурьянова. Саранск: Изд-во Мордовского ун-та, 2003. С. 281-286.

References

1. Dozorov A. V., Garanin M. N. *Vliyaniye aktivizatsii simbioticheskoy deyatel'nosti na formirovaniye urozhaynosti zernobobovykh kul'tur*. [Influence of symbiotic activity activation on the formation of leguminous crops productivity]. *Vestnik Ulyanovskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii* = Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy. 2012 4(20):4-9. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20682064>
2. Beych A. V. *Perspektiva proizvodstva soi v Zapadnoy Sibiri*. [Perspective of soy production in Western Siberia] *Zemledeliye*. 2003;(3):24. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=18257182>
3. Helson W. L. Soybean production summing up/World Soybean Research 1976; P. 999-1008.
4. Whitney D. A. Fertility Neels/ Soydean Yfdbook. 1976;(449):9-10.

5. Posypanov G. S., Rukhadze V. N. *Formirovanie i aktivnost' simbioticheskogo apparata soi pri ispol'zovanii azotnykh, fosfornykh udobreniy i nekornevykh podkormok ZhKU v usloviyakh Vostochnoy Gruzii*. [Formation and activity of the soy symbiotic apparatus using nitrogen, phosphorous fertilizers and non-root fertilizing of housing and communal services in Eastern Georgia]. *Izvestiya TSKhA = Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy (TAA)*. 1987;(2):44-49. (In Russ.). URL: http://library.timacad.ru/files/izvestiya_tsha/fulltext/1987-1/index.html#/50/
6. Kazantsev V. P., Kuznetsov A. I. *Vliyanie nekorneвого vneseniya mikroudobreniy marki ZhUSS na formirovanie kluben'kov i urozhaynost' soi*. [Influence of non-root application of ZHUSS micro-fertilizers on the formation of nodules and soybean yield]. *Vestnik Kazanskogo GAU = Vestnik of the Kazan State Agrarian University*. 2010; 3(17): 113-115. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=15198234>
7. Vasil'chikov A. G., Akulov A. S. *Povyshenie produktivnosti soi putem usilennoy simbioticheskoy azotfikatsii*. [Increasing soybean productivity through enhanced symbiotic nitrogen fixation]. *Zemledelie*. 2016;(4):14-16. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/contents.asp?id=34235609>
8. Gur'ev G. P., Vasil'chikov A. G., Naumkin V. V. *Sravnitel'noe izuchenie simbioticheskoy azotfikatsii u gorokha i soi*. [Comparative study of symbiotic nitrogen fixation in peas and soybeans]. *Zemledelie*. 2016;(5):17-19. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/contents.asp?id=34254457>
9. Golovina E. V., Zotikova V. I., Zaytsev V. N., Kirsanova E. V. *Nakoplenie syrogo proteina i syrogo zhira rasteniyami sortov soi severnogo ekotipa*. [The accumulation of crude protein and crude fat in soybean plants of Northern ecotype varieties]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2016;(3 (19)):62-69. (In Russ.). URL: <https://journal.vniizbk.ru/backup/31--q-q-3-2016.html>
10. Orazzaeva I. V., Murav'ev A. A. *Pokazатели produktivnosti sortov soi v zavisimosti ot inokulyatsii semyan i azotnogo udobreniya*. [Productivity indicators of soybean varieties depending on seed inoculation and nitrogen fertilizer]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AICis*. 2018;32(4):34-37. (In Russ.). URL: <http://agroapk.ru/2018-g/126-archive/04-2018/2501-04-2018>
11. Kotlyarova O. G., Laktionov P. A. *Vliyanie sposobov poseva, norm vyseva i mineral'nykh udobreniy na kormovuyu produktivnost' soi*. [Influence of seeding methods, seeding rates and mineral fertilizers on soybean feed productivity]. *Kormoproizvodstvo = Fodder Production*. 2010;(1):20-23. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/contents.asp?id=33387785>
12. Ermatova D., Rakhimova Kh. M., Ibragimova S. U. *Rost i razvitie soi pri sovmestnom vnesenii azotnykh udobreniy s inokulyatsiyey*. [Growth and development of soy in the joint application of nitrogen fertilizers with inoculation]. *Molodoy uchenyy*. 2018;(17 (203)):148-149. (In Russ.). URL: <https://moluch.ru/archive/203/>
13. Turyanskiy A. V., Grigorov O. V., Kulkov S. S. *Conditions for Soybean Productivity Formation Depending on the Elements of Organic Farming Systems/ Dostizheniya nauki i tekhniki APK* 2017;(10(31)):57-61. URL: <http://agroapk.ru/year-2017/114-archive/10-2017/2246-10-2017>
14. Smolin N. V. *Vliyanie sredstv khimizatsii i solomy na balans gumusa v zernovom sevooborote na chernozeme vyshchelochennom*. [Influence of chemicals and straw on the balance of humus in grain crop rotation on leached chernozem]. *Agrokhimiya = Eurasian Soil Science*. 1998;(1):21-27. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/contents.asp?id=33827351>
15. Prokina L. N., Moiseev A. A. *Produktivnost' soi v usloviyakh yuga Nechernozemnoy zony*. [Soybean productivity in the south of the non-Chernozem zone. Grain economy of Russia]. *Zernovoe khozyaystvo Rossii*. 2011;(2 (14)):23-26. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/contents.asp?id=33666167>
16. Gaysin I. A., Khisameeva F. A. *Polifunktsional'nye khelatnye mikroudobreniya*. [Multifunctional chelated micronutrients]. *Kazan': Izd. dom «Meddok»*, 2007. 230 p. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=19511332>
17. *Adaptivnye tekhnologii vozdeystviya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur v usloviyakh Respubliki Mordovii: metodicheskoe rukovodstvo*. [Adaptive technologies of cultivation of agricultural crops in the Republic of Mordovia: methodological guide]. Pod red. A. M. Gur'yanova. Saransk: *Izd-vo Mordovskogo un-ta*, 2003. pp. 281-286.

Сведения об авторе

✉ **Прокина Людмила Николаевна**, кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией агрохимии, Мордовский НИИ сельского хозяйства – филиал ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого», д. 5, ул. Мичурина, р. п. Ялга, г. Саранск, Республика Мордовия, Российская Федерация, 430904, e-mail: niish-mordovia@mail.ru,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0376-7031>

Information about the author

✉ **Lyudmila N. Prokina**, PhD in Agricultural science, leading researcher, head of the Laboratory of Agricultural Chemistry, Mordovia Research Agricultural Institute – Branch of Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V.Rudnitsky, 5, Michurin str., Yalga settlement, Saransk, Republic of Mordovia, Russian Federation, 430904, e-mail: niish-mordovia@mail.ru, **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-0376-7031>

✉ – Для контактов / Corresponding author